

Software de simulación de un modelo de inventario

López, María Victoria

Departamento de Informática. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura

Universidad Nacional del Nordeste. 9 de Julio n° 1449. CP: 3400. Corrientes. Argentina.

TE: (03783) 423126 - Fax: (03783) 423968. mvlopez@exa.unne.edu.ar

RESUMEN

Se presenta un software educativo en Visual Basic, que permite implementar en computadora un modelo de inventario, mediante la aplicación del Método de los Números Índices para la generación de las muestras artificiales, y de los Métodos de Congruencias para obtener los números aleatorios requeridos. Este software posibilita la realización de prácticas interactivas por parte de los alumnos de la asignatura "Modelos y Simulación", de la carrera de Licenciatura en Sistemas de Información de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura (Universidad Nacional del Nordeste). Los alumnos pueden seleccionar los valores iniciales de los parámetros del modelo y de los métodos de generación de muestras artificiales y números aleatorios, identificar los elementos del modelo simulado, y ver los resultados y gráficas del mismo. Explorar estos conceptos realizando cálculos manuales resultaría imposible dado el número elevado de operaciones necesarias para poder apreciar los resultados. El uso de computadoras permite al estudiante concentrarse en los resultados de la simulación y no en las operaciones matemáticas necesarias para que éstos aparezcan. Este software forma parte de un conjunto de aplicaciones desarrolladas por los docentes de la asignatura, que permiten a los alumnos adquirir habilidad en el manejo de modelos de simulación.

Palabras clave: Simulación. Modelos de Inventario. Modelado Visual Interactivo. Didáctica. Educación.

INTRODUCCIÓN

Las empresas mantienen inventarios de materias primas y de productos terminados. Puesto que estos inventarios representan frecuentemente una considerable inversión, las decisiones con respecto a las cantidades de inventario son importantes. Los modelos de inventario y la descripción matemática de los sistemas de inventario constituyen una base para estas decisiones [1].

En general, se admite que existe un problema de inventario cuando es necesario tener almacenado un conjunto de recursos útiles, en algún período de tiempo, con el propósito de satisfacer unas determinadas necesidades. Estas necesidades se pueden tener cubiertas acumulando una gran cantidad de existencias, lo que conduce a tener inmovilizado un gran capital. Los factores a controlar en un modelo de inventario son: a) Momento en el que se decide realizar un nuevo

pedido (punto de pedido); b) Cantidad a pedir en cada reabastecimiento. El objetivo que se pretende es hacer mínimo el costo total a lo largo de un período de tiempo determinado. El costo total se entiende como la suma de los siguientes costos: a) Costo de compra de existencias; b) Costo de pedido y recepción (formularios de pedidos; sobres, papel y sellos o llamadas telefónicas; personal encargado de su gestión; etc.); c) Costo de mantenimiento de inventario (impuestos referidos al inventario, seguros del inventario; alquiler del almacén; obsolescencia o depreciación de las existencias, robo, etc.; capital invertido en el inventario; salarios del personal relacionado con el inventario; etc); d) Costo de falta de existencias (retraso en atender los pedidos o la imposibilidad de atenderlos). Se supone que tanto la demanda diaria del artículo en cuestión como el tiempo de reaprovisionamiento (tiempo que transcurre desde que se hace la petición por parte de empresa hasta que el pedido llega) son aleatorios. Así pues, el procedimiento de simulación de un modelo de inventario consistirá en, fijado un "punto de pedido" y una "cantidad pedida en cada reabastecimiento", simular el modelo para un período determinado de tiempo y calcular el costo total. Posteriormente, se hace variar el "punto de pedido" y la "cantidad pedida en cada reabastecimiento", y de esta forma se analizan los costos en función de ambas variables. Así pues, mediante la simulación es posible realizar una aproximación empírica a un modelo de inventario, que permitirá recoger información acerca del "punto de pedido" y de la "cantidad pedida" que hacen mínimo el costo total [15].

El propósito de este trabajo es presentar un software desarrollado en Visual Basic, que aplica el Método de Simulación a la resolución de un problema de inventario. En los modelos de inventario, al igual que en cualquier modelo de simulación estocástico, existen una o varias variables aleatorias interactuando, las cuales siguen determinadas distribuciones de probabilidad.

La generación de valores de las variables aleatorias, llamadas muestras artificiales, tiene una naturaleza estrictamente numérica y debe configurarse mediante la aportación de números aleatorios. Estos números se introducen al proceso o sistema bajo estudio (en donde el sistema se representa por un modelo probabilístico) con el fin de generar ciertos valores de las variables aleatorias de las cuales se desea obtener las correspondientes respuestas o salidas [13].

El software educativo presentado en este trabajo utiliza el método de los Números Índice para generar las muestras artificiales requeridas. El mismo realiza llamadas a otros procedimientos que llevan a cabo la generación de los números aleatorios por medio de los métodos de las Congruencias [3] [14], y permite la realización de prácticas interactivas por parte de los alumnos de la asignatura “Modelos y Simulación” del plan de estudios de la carrera de Licenciatura en Sistemas de Información de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura (Universidad Nacional del Nordeste). El mismo forma parte de un conjunto de aplicaciones desarrolladas por los docentes de la asignatura [3] [4] [10] [5] [6] [11] [7] [8] [9], que brindan a los alumnos la posibilidad de adquirir habilidad en el manejo de los métodos de generación de números aleatorios, muestras artificiales y pruebas de hipótesis para la verificación de los mismos. Las simulaciones constituyen una herramienta valiosa para integrar las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) en las materias del currículo regular, especialmente en la asignatura Matemática. Estas proveen representaciones interactivas de la realidad que permiten descubrir mediante la manipulación cómo funciona un fenómeno, qué lo afecta y cómo este influye en otros fenómenos. La integración de las TICs puede realizarse de varias formas, y una de ellas es mediante el uso de simulaciones. Estas son una excelente herramienta para mejorar la comprensión y el aprendizaje de temas complejos de Matemática [2].

ELEMENTOS EMPLEADOS EN LA SIMULACIÓN DEL MODELO: SERIES DE NÚMEROS ALEATORIOS Y MUESTRAS ARTIFICIALES

Los métodos de Congruencias para generar series de números aleatorios se basan en la Relación fundamental de Congruencias que puede expresarse por medio de la siguiente fórmula recursiva:

$$n_{i+1} = a n_i + c \pmod{m} \quad (1),$$

donde n_i , a , c , y m son enteros no negativos. Los términos subsecuentes de $\{n_i\}$ son todos enteros y forman una sucesión de residuo módulo m . Esto implica que $n_i < m$ para toda n_i . A partir de los números enteros de la sucesión $\{n_i\}$ se pueden obtener números racionales en el intervalo $(0,1)$ con sólo formar la sucesión $r_i = \{n_i/m\}$ [12].

Se han desarrollado tres métodos básicos de congruencias para generar números aleatorios mediante el empleo de distintas versiones de la relación dada en la ecuación (1): el Aditivo de Congruencias, el Multiplicativo de Congruencias y el Mixto de Congruencias [12].

El método Aditivo de Congruencias presupone k valores iniciales dados, con k un entero positivo, y

calcula una sucesión de números mediante la siguiente relación de congruencia:

$$n_{i+1} = n_i + n_{i-k} \pmod{m} \quad (2).$$

Las propiedades estadísticas de la sucesión tienden a mejorar a medida que k se incrementa [12].

El método Multiplicativo de Congruencias calcula una sucesión $\{n_i\}$ de enteros no negativos, cada uno de los cuales siempre es menor que m , por medio de la relación de congruencia:

$$n_{i+1} = a n_i \pmod{m} \quad (3).$$

Este método es un caso especial de la citada Relación fundamental de Congruencias (1), donde $c = 0$. A fines de asegurar un período máximo para las sucesiones generadas con este método, es posible imponer condiciones convenientes tanto para el multiplicador a como para el valor inicial N_0 con que empieza el cálculo [12].

En el método Mixto de Congruencias los números se obtienen mediante la Relación fundamental de Congruencias en su forma original (1), con a y c mayores que cero [12].

El método de los Números Índice resulta útil para construir muestras artificiales de variables aleatorias que no se ajustan adecuadamente a ninguna distribución de probabilidades en particular, es decir, para simular variables aleatorias provenientes de relevamientos estadísticos, como ser censos, encuestas, muestreos, etc. Supóngase la función de distribución de la variable aleatoria dada en el Cuadro 1. Es posible hacer concordar con cada clase, tantos números de dos dígitos como indica la función de densidad de probabilidad $f(x)$ correspondiente. Si la función de densidad de probabilidades hubiese sido expresada con tres, cuatro o más cifras decimales, se deben tomar tres, cuatro, etc. dígitos en cada número índice a ser utilizado. En la tabla se ha incluido además la función de distribución de probabilidades $F(x)$, con el objeto de realizar las comparaciones del caso. El modo de operación de este método es: a) Se genera una sucesión de números aleatorios con cualquiera de los métodos descriptos; b) Se agrupan los números de la sucesión aleatoria de a uno, dos, tres, etc., dígitos de acuerdo con la cantidad de dígitos que tienen los números índice; c) Se toma el primer número aleatorio y se verifica a qué marca de clase corresponde, siendo esta última el valor de la muestra artificial correspondiente a la variable aleatoria dada; d) Se repite el paso c hasta procesar todos los números aleatorios de la sucesión [13].

Cuadro 1					
X	A	B	C	D	E
P(x)	0,08	0,17	0,26	0,35	0,14
F(x)	0,08	0,25	0,51	0,86	1,00
Nros. índice	00 07	08 24	25 50	51 85	86 99

DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE INVENTARIO

El encargado de ventas en una tienda de electrodomésticos tiene anotado el número de aparatos que diariamente se han demandado de una determinada clase en los últimos cuatro años. El número de días que la tienda permanece abierta a lo largo del año es de 250. Estos datos se muestran en el Cuadro 2. La fábrica donde se construye el aparato no garantiza plazo de entrega, pero se tiene anotado el número de días que han tardado en llegar los últimos 100 pedidos. Los datos están reflejados en el Cuadro 3. Una vez fijado el punto de pedido (por ejemplo 12), el día en que el número de artículos en inventario sea menor o igual a 12 se realiza un pedido por una cantidad igual a la cantidad demandada durante los últimos cinco días, incluido el día del pedido. Los pedidos llegan al final del día, por lo que no pueden ser utilizados para satisfacer la demanda hasta el día siguiente. Se supone que cada aparato tiene un costo de \$1500, el costo de pedido y recepción de cada pedido es de \$6000, el costo de mantenimiento del inventario es del 20 % anual sobre el valor (precio de compra) del inventario promedio, y el costo por aparato no vendido es de \$1500 [15].

Cuadro 2	
Número de artículos demandados	Número de días (frecuencias de las demandas)
1	135
2	271
3	271
4	180
5	90
6	36
7	12
8	4
9	1

Cuadro 3	
Días transcurridos hasta la entrega de los aparatos	Número de veces
2	30
3	40
4	30

Este modelo se repite k veces (k corridas de d días cada una) para estimar el costo promedio en función del punto de pedido fijado en el primer experimento. Luego, se resuelve el mismo problema (también para k corridas) variando el punto de pedido, y así hasta

completar los n experimentos de la simulación. Al final de la ejecución de los n experimentos, se construye una tabla que permite comparar distintas políticas en función del punto de pedido.

SOFTWARE QUE IMPLEMENTA EL MODELO DE INVENTARIO

Se ha programado un software educativo, en Visual Basic, que aplica el Método de Simulación a la resolución del problema de inventario descripto. Cuando se ejecuta el programa se accede a la interface principal (Figura 1). El alumno tiene la posibilidad de seleccionar el método de generación de números aleatorios a utilizar en la simulación, pudiendo optar entre los tres métodos de Congruencias explicados anteriormente. Seguidamente, deberá ingresar los valores de los parámetros iniciales del método seleccionado, y luego completará los valores de los parámetros del modelo: número de experimentos a simular, número de corridas por experimento, número de días en cada corrida y punto de pedido inicial. El punto de pedido inicial se incrementará en una unidad en cada experimento. Se asignará un número aleatorio a la existencia inicial en cada corrida de d días. El software posee controles para verificar que los parámetros ingresados sean números enteros, no negativos y primos en los casos que corresponda. Una vez finalizado este paso, se habilitará el botón "Efectuar simulación". Al pulsar sobre el mismo, se verá una barra de progreso al final de la pantalla, que indicará cuánto falta para finalizar el procesamiento. Una vez completada la simulación se visualizará un cuadro de texto con los resultados obtenidos (Figura 1). Éstos pueden ser impresos (botón "Imprimir resultados") o guardados en un archivo de extensión .txt (botón "Guardar en un archivo de texto"). Cuando se pulsa el botón "Ver tabla resumen" en la ventana principal se despliega una nueva ventana que muestra, para cada experimento de la simulación, el número de experimento, el punto de pedido empleado, y el costo promedio total. Si se hace click en el botón "Copiar" de esta ventana, es posible copiar al portapapeles las celdas de la tabla que se encuentren seleccionadas. Cuando se selecciona el botón "Ver gráfico" de la ventana principal, se accede a una nueva ventana (Figura 2) que contiene un gráfico, el cual muestra la variación del costo promedio total en función del costo de pedido a lo largo de los n experimentos de la simulación. Es posible imprimir el gráfico (botón "Imprimir gráfico") o guardarlo en un archivo de imagen con extensión .bmp (botón "Guardar gráfico").

Simulación de un modelo de inventarios

Distribuciones de probabilidad de la demanda y la demora en el reaprovisionamiento

Demanda	1	2	3	4
Probabilidad	0.135	0.406	0.677	0.857

Demora	2	3	4
Probabilidad	0.30	0.70	1.00

Método de generación de números pseudoaleatorios

Método a utilizar:

Módulo: Parámetro A:

Parámetros del modelo

Número de experimentos a simular:

Número de corridas por experimento:

Número de días en cada corrida:

Punto de pedido inicial:

Efectuar simulación

Imprimir resultados

Guardar en archivo de texto

Ver tabla resumen

Ver gráfico

MODELO DE SIMULACIÓN DE UN PROBLEMA DE INVENTARIO

EXPERIMENTO N° 1. PUNTO DE PEDIDO: 12

Corrida N° 1

Día	Exist. inicial	Demanda	Exist. final	Pedido	Espera	Pérdida
1	16	3	13	13	3	0
2	13	2	11	13	3	0
3	11	5	6	13	3	0
4	19	1	18	0	0	0
5	18	3	15	0	0	0
6	15	3	12	14	2	0
7	12	3	9	14	2	0
8	9	3	6	14	2	0
9	20	1	19	0	0	0
10	19	3	16	0	0	0
11	16	3	13	0	0	0
12	13	3	10	13	4	0
13	10	3	7	13	4	0
14	7	4	3	13	4	0
15	3	3	0	13	4	0

Figura 1. Pantalla inicial del software de simulación de un modelo de inventario

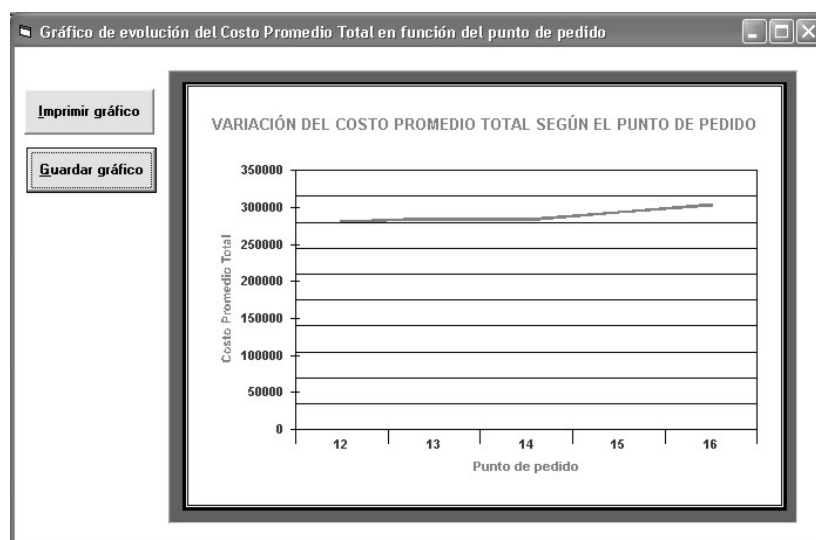


Figura 2. Gráfico de la evolución del costo por medio total en función del punto de pedido

CONCLUSIONES

Se presenta un software educativo, desarrollado en Visual Basic, que permite implementar en computadora un modelo de inventario, mediante la aplicación del método de los Números Índice para la generación de las muestras artificiales, y el empleo de los métodos de las Congruencias para generar las sucesiones de números aleatorios requeridas.

Este software de enseñanza-aprendizaje permite la realización de prácticas interactivas por parte de los alumnos, quienes pueden realizar aprendizajes inductivos y deductivos a través de la manipulación del mismo. El alumno tiene la posibilidad de

seleccionar los valores iniciales de los parámetros del modelo y de los métodos de generación de muestras artificiales y números aleatorios a emplear, propiciándose de este modo un aprendizaje significativo por descubrimiento. La investigación de los estudiantes-experimentadores puede realizarse mediante preguntas del tipo: ¿Qué características tendrá la muestra artificial simulada si modifico el valor del parámetro X? ¿Cómo afectará a los resultados del modelo la modificación del parámetro Y? Los estudiantes pueden explorar los elementos del modelo simulado, y ver los resultados y gráficas del mismo, posibilitando su comprensión. Explorar estos conceptos realizando

cálculos manuales resultaría prácticamente imposible dado el número elevado de operaciones necesarias para poder apreciar algún tipo de resultado. El uso de computadoras permite al estudiante concentrarse en el análisis de los resultados de la simulación y no en las operaciones matemáticas necesarias para que éstos aparezcan.

El uso del software propuesto, como complemento educativo en las clases de la asignatura "Modelos y Simulación", se traducirá en beneficios para el alumnado, ya que permite que los estudiantes afiancen los conocimientos adquiridos a medida que avanzan en la lectura y estudio de los contenidos teóricos, y efectúen autoevaluaciones del aprendizaje de manera continua. El mismo forma parte de un conjunto de aplicaciones desarrolladas por los docentes de la asignatura. En el futuro, se prevé continuar en esta línea a través del desarrollo de software de simulación de modelos matemáticos, que incluirá prácticas interactivas de los principales estudios de casos deterministas y estocásticos presentados en el dictado de las clases teórico-prácticas de la mencionada asignatura.

Actualmente, el sitio Web de la asignatura "Modelos y Simulación" se encuentra accesible desde el Servidor de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura (UNNE). Este sitio incluirá en el futuro la posibilidad de descargar, entre otros, este software de simulación de modelos de inventario, a los efectos de facilitar a los estudiantes el acceso a este material.

REFERENCIAS

- [1] Bellini M., F. "Sistemas de Inventarios". Curso "Investigación de operaciones". Escuela de Administración y Contaduría. Universidad Santa María. Caracas. Venezuela. 2004. En: http://www.investigacion-operaciones.com/inventarios_EOQ.htm.
- [2] EDUTEKA. "La integración de las TICs en Matemáticas". Edición 21(8) - Ago 27 a Sep 10/2005. 2005. En: <http://www.eduteka.org/comenedit.php3?ComEdID=0018>.
- [3] López, M. V.; Mariño, S. I.; Petris, R. H. "Un análisis comparativo de generadores de números pseudoaleatorios en Mathematica 3.0". Revista de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. Universidad Nacional del Nordeste. 1999. pp. 119 a 136. Vol.15. ISSN: 0325-4216. Corrientes. Argentina.
- [4] López, M. V.; Mariño, S. I.; Pace, G. J.; Petris, R. H. "Aplicación de Mathematica en la simulación de variables hidrológicas". III Encuentro Regional de Docentes de Matemática. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. Universidad Nacional del Nordeste. 2000. Corrientes. Argentina.
- [5] López, M. V.; Mariño, S. I. "Software interactivo para la enseñanza-aprendizaje de muestras artificiales de variables aleatorias continuas". VIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2002). Universidad de Buenos Aires. 2002. Buenos Aires. Argentina.
- [6] López, M. V.; Mariño, S. I. "Aplicación del método de Montecarlo para el cálculo de integrales definidas". IV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2002). Universidad Nacional del Sur. 2002. Bahía Blanca. Buenos Aires. Argentina.
- [7] López, M. V.; Mariño, S. I. "Pruebas de hipótesis para generadores de números pseudoaleatorios". IX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2003). Universidad Nacional de La Plata. 2003. La Plata. Buenos Aires. Argentina.
- [8] López, M. V.; Mariño, S. I. "Aplicación del método de Simulación a la resolución de un problema de Programación Lineal". IV Encuentro Regional de Docentes de Matemática. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. Universidad Nacional del Nordeste. 2003. Corrientes. Argentina.
- [9] López, M. V. "Simulación de variables climáticas en Java. Un ejemplo práctico". V Encuentro Regional de Docentes de Matemática. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. Universidad Nacional del Nordeste. 2004. Corrientes. Argentina.
- [10] Mariño, S. I.; López, M. V. "Aprendizaje de muestras artificiales de variables aleatorias discretas asistido por computadora". VII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2001). UNPA. 2001. El Calafate. Santa Cruz. Argentina.
- [11] Mariño, S. I.; López, M. V. "Desarrollo de programas educativos para el modelado y la simulación de sistemas. Algunos estudios de casos". IV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2002). Universidad Nacional del Sur. 2002. Bahía Blanca. Buenos Aires. Argentina.
- [12] Naylor, T. H.; Balintfy, J. L.; Burdick, D. S.; Chu, K. "Técnicas de Simulación en computadoras". pp 86 a 87. Ed. Limusa. 390 pág. 1975. México. D.F.
- [13] Pace, G. J. Material didáctico de la Asignatura "Modelos y Simulación". FACENA. UNNE. Inédito. 1995. Corrientes. Argentina.
- [14] Pace, G. J.; López, M. V.; Mariño, S. I.; Petris, R. H. "Programación de un paquete de simulación con Mathematica". Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 1999. UNNE. 1999. Corrientes. Argentina. Tomo VIII. Cs. Exactas. pp 9 a 12. En: <http://www.unne.edu.ar/cyt/1999/cyt.htm>.
- [15] Pardo, L.; Valdés, T. "Simulación. Aplicaciones prácticas en la empresa". 1987. pp. 175 a 184. Ed. Díaz de Santos S. A. 292 pág. Madrid. España.